

PREDITORES ANTROPOMÉTRICOS, BIOENERGÉTICOS E BIOMECÂNICOS DOS 200 m CROL NO PICO DE FORMA DA ÉPOCA DE INVERNO

Mário J. Costa^{1,5}, José A. Bragada^{1,5}, Erik J. Mejias^{1,5}, Jorge E. Morais^{1,5}, Daniel A. Marinho^{3,5}, Hugo Louro^{4,5}, António J. Silva^{2,5}, Tiago M. Barbosa^{1,5}

¹ Departamento de Ciências do Desporto, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal

² Departamento de Ciências do Desporto, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal

³ Departamento de Ciências do Desporto, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

⁴ Escola Superior de Desporto de Rio-Maior, Rio-Maior, Portugal

⁵ Centro de Investigação em Desporto, Saúde e Desenvolvimento Humano, Vila Real, Portugal

INTRODUÇÃO

A *performance* em natação parece ser determinada pela relação hierárquica estabelecida entre um conjunto de factores (Barbosa *et al.*, 2010). Esta está fortemente associada aos pressupostos bioenergéticos, enquanto estes são dependentes do comportamento biomecânico e das estratégias motoras adoptadas pelo nadador (Barbosa *et al.*, 2010). No entanto, importa determinar criteriosamente quais as variáveis que mais e melhor predizem a variação da *performance* dentro de cada domínio (antropométrico, bioenergético e biomecânico).

Uma das técnicas estatísticas mais comuns e frequentemente utilizadas neste âmbito é a regressão linear múltipla (RLM). Vários estudos adoptaram a RLM para explicar a variação da *performance* em nadadores jovens (p.e., Latt *et al.*, 2010; Saavedra *et al.*, 2010; Vitor & Bohme, 2010) e em nadadores adultos (p.e. Ribeiro *et al.*, 1990; Obert *et al.*, 1992). Contudo, a maioria não refere especificamente o momento temporal em que ocorreu a recolha dos dados e a sua relação com o momento da época desportiva. A *performance* é determinada pela interacção entre parâmetros bioenergéticos, biomecânicos, que por sua vez são constantemente modelados pelo processo de treino. Neste sentido, é de esperar uma maior/menor contribuição de cada variável na variação da *performance* consoante os diferentes momentos da época desportiva.

O presente estudo teve como objectivo identificar os potenciais preditores da *performance* de 200 m Crol com base no perfil antropométrico, bioenergético e biomecânico de nadadores de elite no pico de forma da época de Inverno.

MÉTODOS

Foram analisados oito nadadores portugueses masculinos de elevado nível competitivo com presença assídua na prova de 200 m crol em campeonatos nacionais nos últimos dois anos. Os parâmetros antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos foram obtidos num período coincidente com competições importantes (Dezembro da época de 2010-2011), como sendo os Campeonatos Nacionais Absolutos de Piscina Curta e os Campeonatos Nacionais de Clubes (Federação Portuguesa de Natação). A avaliação antropométrica incluiu a determinação da estatura (Est, m), da massa corporal (MC, kg) e da envergadura (Env, m). Recorreu-se à aplicação de um teste incremental de 7 x 200 m Crol (Barbosa *et al.*, 2008), com aumentos de 0,05 m.s⁻¹ entre patamares e 30 s de recuperação de modo a obter: (i) velocidade do equilíbrio máximo de lactato estimada às 4 mmol (V4, m.s⁻¹), consumo máximo de oxigénio (VO₂máx, ml.kg⁻¹.min⁻¹) e custo energético (C, J.kg⁻¹.m⁻¹), como indicadores bioenergéticos; (ii) frequência gestual (FG, Hz), distância de ciclo (DC, m), índice de nado (IN, m².c⁻¹.s⁻¹) e a eficiência propulsiva (η_p , %), como indicadores biomecânicos. A *performance* aos 200 m Crol (Perf200m, s) em piscina de 50 m foi obtida com base nos tempos alcançados em competições oficiais não distantes do momento de avaliação em mais de duas semanas.

Foi realizada uma análise exploratória dos dados para detectar a possível presença de *outliers* e para verificar a normalidade das distribuições (teste Shapiro-Wilk). Para a estatística descritiva foram calculados a média, o desvio padrão, valor máximo e mínimo. O grau de associação entre cada variável e a Perf200m foi determinado com base na Correlação de Spearman. Foram adoptados modelos de regressão linear simples na identificação dos melhores preditores da performance dentro de cada domínio analisado. Adicionalmente, foi desenvolvido um modelo de RLM para verificar a contribuição de cada um desses parâmetros na variação da Perf200m. O nível de significância foi determinado para $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

O valor médio de Perf200m foi de $117,94 \pm 4,88$ s. A tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para as variáveis antropométricas, bioenergéticas e biomecânicas analisadas e a sua associação com a Perf200m. A análise correlacional demonstrou que a Perf200m neste momento específico da época apenas se associou significativamente com a V4 ($r_s = -0,81$; $p = 0,01$). No entanto valores próximos da significância estatística foram observados para o IN ($r_s = -0,67$; $p = 0,07$).

Tabela 1. Valores descritivos dos parâmetros antropométricos, bioenergéticos e biomecânicos e sua relação com a Perf200m.

Variável	Média (\pm DP)	Máx	Min	Correlação com a Perf200m
Est (m)	$1,81 \pm 0,07$	1,91	1,71	-0,43 ($p = 0,29$)
MC (kg)	$73,20 \pm 5,33$	80,10	66,2	-0,33 ($p = 0,42$)
Env (m)	$1,87 \pm 0,07$	2,00	1,80	-0,38 ($p = 0,35$)
V4 ($m \cdot s^{-1}$)	$1,43 \pm 0,05$	1,50	1,35	-0,81 ($p = 0,01$)
VO ₂ máx ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)	$70,61 \pm 6,44$	78,82	63,34	-0,50 ($p = 0,21$)
C ($J \cdot kg^{-1} \cdot m^{-1}$)	$15,26 \pm 1,18$	16,85	13,81	0,02 ($p = 0,95$)
FG (Hz)	$0,69 \pm 0,04$	0,73	0,60	-0,55 ($p = 0,15$)
DC (m)	$2,48 \pm 0,14$	2,56	2,37	-0,61 ($p = 0,11$)
IN ($m^2 \cdot c^{-1} \cdot s^{-1}$)	$4,22 \pm 0,31$	4,48	3,77	-0,67 ($p = 0,07$)
np (%)	$39,06 \pm 1,55$	41,43	36,13	0,07 ($p = 0,87$)

A tabela 2 apresenta as potenciais relações das variáveis analisadas com base nos modelos de regressão. A regressão linear simples indicou a Env ($r^2 = 0,26$; $p = 0,20$), a V4 ($r^2 = 0,59$; $p = 0,03$) e o IN ($r^2 = 0,48$; $p = 0,06$) como os melhores preditores dentro de cada perfil analisado. A introdução destes parâmetros no modelo de RLM indicou que os mesmos explicam 74% da variação da Perf200m, onde a V4 se assume como o parâmetro mais determinante (59%), seguido do IN (14 %) e finalmente da envergadura (1%).

Tabela 2. Sumário do modelo incluído na regressão linear passo-a-passo (backward), para os preditores da Perf200m dentro dos 3 domínios analisados.

Domínio	Variável	r^2	r^2 ajustado	T	p	Beta	F	p
Antropométrico	Est	0,22	0,09	3,84	0,01	-0,464	(1;6) = 1,65	0,25
	MC	0,20	0,08	6,03	< 0,01	-0,448	(1;6) = 1,50	0,27
	Env	0,26	0,14	3,86	< 0,01	-0,510	(1;6) = 2,11	0,20
Bioenergético	V4	0,59	0,52	5,99	< 0,01	-0,769	(1;6) = 8,68	0,03
	VO ₂ máx	0,25	0,13	7,62	< 0,01	-0,500	(1;6) = 1,99	0,21
	C	0,01	-0,16	4,82	< 0,01	-0,090	(1;6) = 0,05	0,83
Biomecânico	FG	0,23	0,10	5,28	< 0,01	-0,481	(1;6) = 1,80	0,23
	DC	0,04	-0,12	3,86	< 0,01	-0,198	(1;6) = 0,25	0,64
	IN	0,48	0,39	8,39	< 0,01	-0,691	(1;6) = 5,47	0,06
	np	0,02	-0,14	2,77	0,03	-0,156	(1;6) = 0,15	0,71
3 domínios	Env-V4-IN	0,74	0,54	5,55	< 0,01	-0,082	(3;4) = 3,74	0,12
	V4-IN	0,73	0,63	6,71	< 0,01	-0,571	(2;5) = 6,84	0,04

DISCUSSÃO

O objectivo do presente estudo foi identificar os potenciais preditores da Perf200m com base no perfil antropométrico, bioenergético e biomecânico de nadadores de elite no momento de pico de forma da época de Inverno.

Os resultados demonstraram que nenhum dos parâmetros antropométricos analisados apresentou uma relação significativa com a Perf200m. Sendo a amostra composta por nadadores de elite em estado adulto, é natural que a estagnação no desenvolvimento das características antropométricas após a maturação retire alguma responsabilidade a este domínio na melhoria do rendimento. Mais ainda, tratando-se de nadadores de elite, é natural que desde cedo tenha ocorrido, ainda que indirectamente, um processo de identificação e selecção de talentos onde as características antropométricas são tomadas em consideração. Como tal, é de esperar uma certa homogenia antropométrica no grupo de nadadores de elite estudados.

No que toca aos parâmetros bioenergéticos, apenas a V4 se correlacionou significativamente com a Perf200m ($r_s = -0,81$; $p = 0,01$). A literatura tem sugerido que esforços entre os 30 s e os 4 min requerem a contribuição de duas vias energéticas determinantes (Troup, 1991). Figueiredo *et al.* (2010) observaram 66% e 34% de contributo aeróbio e anaeróbio respectivamente, para a prova de 200 m Crol. Recentemente, Costa *et al.* (2010) verificaram que melhorias na performance nos 200 m Crol neste mesmo período da época desportiva, se deveram a aumentos significativos na V4.

Nenhum dos parâmetros biomecânicos se correlacionou significativamente com a Perf200m. Contudo, valores próximos da significância estatística foram verificados para o IN ($r_s = -0,67$; $p = 0,07$). Apesar de a *performance* estar fortemente associada à capacidade bioenergética, o contributo do comportamento biomecânico e das estratégias motoras adoptadas pelo nadador não é de negligenciar.

Os modelos de regressão linear determinaram a Env, a V4 e o IN como os melhores preditores de cada domínio. A RLM indicou que esses mesmos parâmetros explicaram 74 % (V4 59 %; IN 14 %; Env 1 %) da variação de Perf200m neste momento específico da época. Estudos anteriores já observaram grande contribuição (79 %) da V4 e da velocidade a 85 % do $VO_{2máx}$ na variação da performance dos 400 m Crol (Ribeiro *et al.*, 1990). Como o início da época desportiva se caracteriza por menor intensidade e maior volume é de esperar uma preferência pela formação aeróbia de base. Neste sentido, parece que nesta primeira fase determinante da época a capacidade aeróbia do nadador através da V4 poderá ser usada como um indicador de melhoria de prestação. Contudo, o mesmo poderá não acontecer na fase terminal da época desportiva. Possivelmente o contributo da V4 será menor dada a incidência do treino em outros regimes energéticos, aumentando o percentual de outros parâmetros com influência na variação da *performance*.

CONCLUSÕES

Os parâmetros bioenergéticos, mais precisamente a V4, caracterizaram mais eficazmente a variação da Perf200m neste período específico da época, seguido dos parâmetros biomecânicos e dos antropométricos. Os treinadores deverão atentar para o desenvolvimento da capacidade aeróbia dos seus nadadores nesta fase da época, antes de incidir sobre intensidades mais específicas como é o caso da potência aeróbia e a tolerância ao lactato.

REFERÊNCIAS

Barbosa TM, Fernandes RJ, Keskinen KL, Vilas-Boas JP. The influence of stroke mechanics into energy cost of elite swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 2008; 103: 139-149.

- Barbosa TM, Bragada JA, Reis VM, Marinho DA, Carvalho C, Silva AJ. Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: updating the state of the art. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 2010; 13:262-269.
- Costa MJ, Bragada JA, Mejjias EJ, Marinho DA, Louro H, Silva AJ, Barbosa TM. Modificações no perfil bioenergético e biomecânico de nadadores entre dois períodos “pré-taper”. *Acqua – Revista Portuguesa de Natação*, 2010; 3: 27-35.
- Figueiredo P, Zamparo P, Sousa A, Vilas-Boas JP, Fernandes RJ. An energy balance of the 200 m front crawl race. *European Journal of Applied Physiology*, 2010; DOI 10.1007/s00421-010-1696-z.
- Latt E, Jurimae J, Maestu J, Purge P, Ramson R, Haljast K, Keskinen KL, Rodriguez FA, Jurimae T. Physiological, biomechanical and anthropometrical predictors of sprint swimming performance in adolescent swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2010; 9: 398-404.
- Obert P, Falgairette G, Bedu M, Coudert J. Bioenergetic characteristics of swimmers determined during an arm-ergometer test and during swimming. *International Journal of Sports Medicine*, 1992; 13:298-303.
- Ribeiro JP, Cadavid E, Baena J, Monsalvete E, Barna A, De Rose EH. Metabolic predictors of middle-distance swimming performance. *British Journal of Sports Medicine*, 1990; 24(3):196-200.
- Saavedra JM, Escalante Y, Rodríguez FA. A multivariate analysis of performance in young swimmers. *Pediatric Exercise Science*, 2010; 22(1):135-51.
- Troup J. Aerobic characteristics of the four competitive strokes. In: Troup J (ed) *International Center for Aquatic Research Annual. Studies by the International Center for Aquatic Research (1990–1991)*. US Swimming Press, Colorado Spring, pp 3–7, 1991.
- Vitor Fde M, Böhme MT. Performance of young male swimmers in the 100-meters front crawl. *Pediatric Exercise Science*, 2010; 22(2):278-87.

AGRADECIMENTOS

De Mário J. Costa à Fundação para a Ciência e Tecnologia pela Bolsa Individual de Doutoramento (SFRH/BD/62005/2009).